

## 5-10 新型高温超伝導体の電子励起の解明

— 鉄系高温超伝導体における共鳴非弾性 X 線散乱スペクトルの観測 —

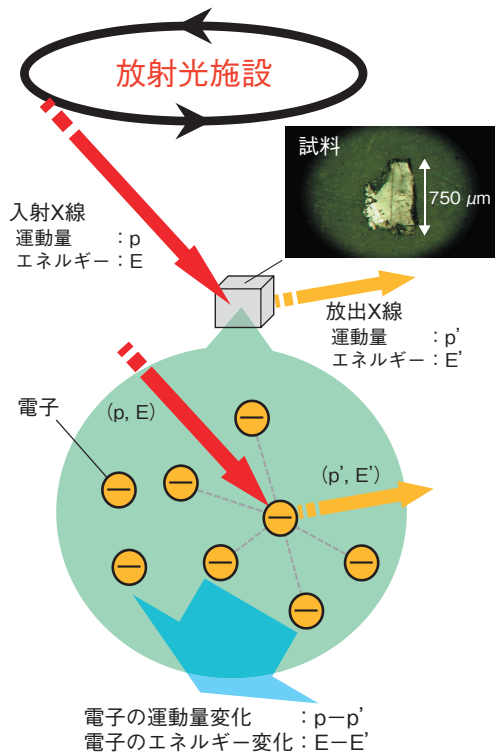


図 5-21 共鳴非弾性 X 線散乱の概略図

放射光施設から取り出した X 線を試料に共鳴的に吸収させ、X 線散乱強度を運動量変化とエネルギー変化について系統的に調べることで、電子励起のスペクトルが得られます。

様々な超伝導体における超伝導機構を解明する上で重要な磁性や電子励起について、放射光や中性子線などの量子ビームを用いた研究はこれまで鍵となる数々のデータを提供してきました。2008 年に我が国で鉄系高温超伝導体が発見されましたが、この新型高温超伝導体に対しても、その物性及び超伝導機構を解明することを目的として、量子ビームを用いた研究が盛んに実施されています。

遷移金属の K 吸収端に対応するエネルギーの X 線を遷移金属化合物に吸収させると、遷移金属原子の内殻 1s 電子を 4p 軌道に共鳴的に遷移させることができます。その後 4p 軌道に遷移していた電子は 1s 軌道に戻る際に X 線を放出しますが、この一連の X 線吸収放出過程を共鳴 X 線散乱と呼びます。この時、放出される X 線のエネルギーは、一般に入射した X 線に比べてエネルギーを損失し(非弾性)、運動量も変化しています。X 線の散乱強度がエネルギー損失と運動量変化(以下、 $q$ とします)に対してどのように依存するかを系統的に調べることで、磁性や超伝導に関与する電子がどのようなエ

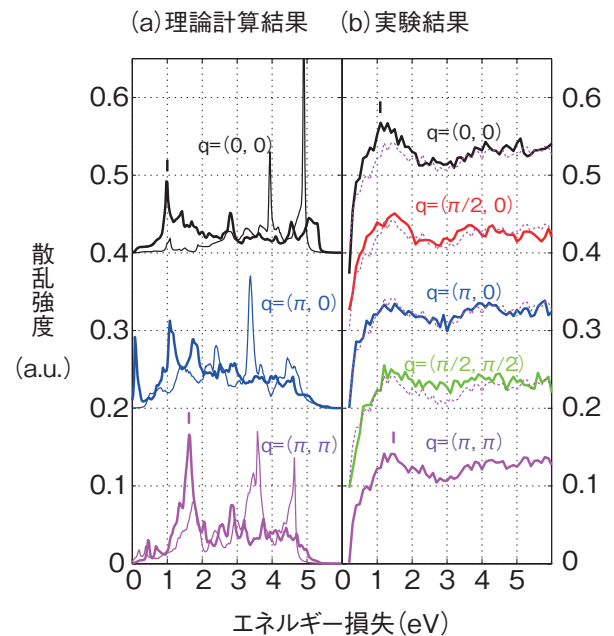


図 5-22 RIXS スペクトルの理論計算結果と実験結果

(a) 理論計算は、磁性状態(太線)と非磁性状態(細線)に対して行い、磁性状態に対する理論計算結果が (b) 実験結果と整合することを明らかにしました。破線は  $q=(\pi, \pi)$  のスペクトルです。

ネルギーと運動量を持つ電子励起を起こしやすいのか知ることができます(図 5-21)。

今回、鉄系高温超伝導体の典型物質のひとつである  $\text{PrFeAsO}_{1-y}$  に対して、鉄の K 吸収端での共鳴非弾性 X 線散乱 (RIXS) スペクトルの観測に成功しました。鉄系高温超伝導物質に対して RIXS スペクトルを観測し、それを理論的に解析した報告は世界で初めてです。

図 5-22 に RIXS スペクトルの理論計算結果と実験結果(弾性散乱成分を除いています)を示します。結果は、磁性的な状態を想定して計算した結果が実験で得られたスペクトルのピーク位置やその  $q$  依存性をよく再現することを示しています。こうして、磁性的な相関の存在を示すことに成功しました。磁性的な相関の存在は中性子散乱実験などほかの研究結果ともよく整合しています。また、ピーク位置の解析を通して、電子間にはたらくクーロン斥力の強さを見積もることができ、どの程度相関の強い電子状態にあるのかを明らかにすることにも成功しました。これらはいずれも、高温超伝導機構を微視的に解明する上で重要な情報となります。

## ●参考文献

Jarrige, I., Nomura, T. et al., Resonant Inelastic X-ray Scattering Study of Charge Excitations in Superconducting and Nonsuperconducting  $\text{PrFeAsO}_{1-y}$ , Physical Review B, vol.86, issue 11, 2012, p.115104-1-115104-4.